

ARQ VERFAHREN MIT ADAPTIVER SENDEDATENBLOCKPOSITION

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Datenübertragung in einem Kommunikationssystem, bei dem ein Sendedatenstrom mit seriell aufeinanderfolgenden Daten über einen zeitvarianten Übertragungskanal übertragen wird.

10 Für Datenübertragungen in einem Kommunikationssystem, im speziellen in einem Funkkommunikationssystem, sind sogenannte Automatic-Repeat-Request-Übertragungsverfahren (ARQ-Übertragungsverfahren) bzw. hybride ARQ-Übertragungsverfahren be-
15 kannt, bei denen ein Eingangsdatenstrom mit seriell aufeinanderfolgenden Daten in Datenblöcke unterteilt funkübertragen wird. Dabei wird jedem einzelnen zu übertragenden Datenblock eine Prüfdatenfolge vorangestellt, die empfangsseitig eine Aussage darüber erlaubt, ob ein Datenblock fehlerfrei über-
20 tragen wurde oder nicht. Diese Prüfdatenfolge kann beispielsweise als Prüfsumme über den Datenblock oder als CRC-Datenfolge für einen Cyclic-Redundancy-Check ausgeführt sein.

Wird anhand der empfangsseitigen Prüfdatenfolge ein fehlerhafter Datenblock erkannt, so wird der entsprechende Daten-
25 block beim reinen ARQ-Verfahren verworfen und sendeseitig erneut angefordert.

Bei einem hybriden ARQ-Verfahren wird der zuerst übertragene fehlerbehaftete Datenblock zwischengespeichert und sendesei-
30 tig erneut angefordert. Im Empfänger werden der erneut angeforderte Datenblock und der zwischengespeicherte Datenblock miteinander kombiniert. Am sich dabei ergebenden Datenblock

wird erneut eine Fehlererkennung mit Hilfe der Prüfdatenfolge durchgeführt.

Die erneute Übertragung des Datenblocks erfolgt beim hybriden
5 ARQ-Verfahren entsprechend dem reinen ARQ-Verfahren: der Datenblock wird unverändert und gleichcodiert erneut übertragen. Als Kombinationsverfahren wird das sogenannte „Chase-Combining“ verwendet.

Alternativ kann die Übertragung nach dem Verfahren der „Incremental-Redundancy“ erfolgen. Dabei wird die Codierung des
10 erneut zu übertragenden Datenblocks geändert. Dadurch wird am Empfänger zusätzliche Redundanz zur Fehlerkorrektur zur Verfügung gestellt. Die Kombination des gespeicherten und des erneut übertragenen Datenblocks erfolgt durch das sogenannte
15 „Code-Combining“.

Bei Funkkommunikationssystemen besteht die Notwendigkeit, eine Datenübertragungsrate mit hohem Datendurchsatz optimal und dynamisch an Eigenschaften eines Funkübertragungskanal anzu-
20 passen, die im allgemeinen durch statistische Schwankungen und Störungen innerhalb des Funkübertragungskanal zeitlich veränderlich (zeitvariant) sind. Bei einer Erhöhung der Datenübertragungsrate wächst jedoch das Risiko einer fehlerhaften Datenübertragung durch Annäherung an die Kapazitätsgrenze
25 des Funkübertragungskanal an.

Die aus den zeitvarianten Funkübertragungskanälen resultierenden Probleme sind beispielsweise aus den Mobilfunkstandards GSM, UMTS, HiperLAN, usw. bekannt und sind besonders
30 durch starke Leistungsschwankungen bei einem Empfangssignal sowie durch diesem überlagertes, störendes Rauschen durch einen empfangsseitig angeordneten Empfangsverstärkers geprägt.

Dabei sind die Leistungsschwankungen abhängig vom Standort und von der Bewegung eines Mobilteilnehmers.

Als weitere zeitvariante Übertragungskanäle sind auch Telefonleitungen für ADSL-Verbindungen, Kabel für Kabelfernsehen
5 und Glasfaserkabel anzusehen.

Zu übertragende Datenblöcke werden mit Hilfe von Redundanzverfahren, Fehlervorwärts-Korrekturverfahren oder mit Hilfe einer speziellen Fehlererkennungscodierung gegen Übertragungsfehler abgesichert. Jedoch wird dabei ein Nutzdatenanteil innerhalb eines zu übertragenden Datenblocks entsprechend reduziert.
10

Während also bei einem Übertragungskanal mit schlechten Übertragungseigenschaften ein hoher Anteil an Redundanzdaten im Datenblock notwendig wird, ist bei Übertragungskanälen mit guten Übertragungseigenschaften (mit einer typischen Bitfehler-
15 lerrate $BER < 10^{-5}$) bereits eine Prüfsumme zur Fehlererkennung ausreichend, wodurch hier ein maximaler Nutzdatenanteil erreicht wird.
20

Beim hybriden ARQ-Verfahren wird ein empfangsseitiges Signal-Rauschverhältnis SNR durch das Kombinationsverfahren soweit verbessert, dass ein fehlerfreier Empfang ermöglicht wird.
25 Ein Nachteil des hybriden ARQ-Verfahrens ist jedoch darin zu sehen, dass durch die wiederholte Übertragung ganzer Datenblöcke nur eine grobe Abstufung der Datenrate und damit nur eine grobe Anpassung an die Eigenschaften des Funkübertragungskanals ermöglicht wird. Dabei sind zur Zwischenspeicherung von fehlerbehafteten Datenblöcken empfangsseitig große
30 Speicherkapazitäten vorzusehen. Durch die erneute Anforderung und Übertragung von fehlerbehafteten Datenblöcken kommt es zu

Verzögerungen im Datenfluss bzw. wird ein effektiver Nutzdadurchsatz verringert.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Datenübertragung zu entwickeln, bei dem einerseits empfangsseitig Speicherkapazität reduziert wird und andererseits der effektive Nutzdadurchsatz erhöht wird.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Bei der vorliegenden Erfindung wird ein Eingangsdatenstrom, der seriell aufeinanderfolgende Bits bzw. Symbolen aufweist, in einzelne Wörter unterteilt. Die einzelnen Wörter werden bei einer späteren Übertragung auf Codesymbole bzw. auf Modulationssymbole abgebildet, wobei jedes einzelne Wort eines oder mehrere Bits beinhaltet.

Aus den einzelnen Wörtern des Eingangsdatenstroms wird ein zur (Funk-) Übertragung bestimmter Sendedatenblock gebildet. Für jede Position, die ein Wort innerhalb des Sendedatenblocks einnehmen kann, ist ein a-priori-Zuverlässigkeitswert ermittelbar, der sich aus Eigenschaften eines sendeseitig verwendeten Codierungs- bzw. Modulationsverfahrens ergibt. Dieser a-priori-Zuverlässigkeitswert beschreibt eine zu erwartende Fehlerwahrscheinlichkeit bei der Übertragung eines entsprechenden Wortes an der betreffenden Position. Die Zuordnung der einzelnen Wörter zu den einzelnen Positionen innerhalb des Sendedatenblocks erfolgt anhand der a-priori-Zuverlässigkeitswerte der jeweiligen Positionen.

Ein zuerst zu übertragendes Wort wird einer ersten Position mit einem maximalen a-priori-Zuverlässigkeitswert im Sendedatenblock zugeordnet. Ein an zweiter Stelle zu übertragendes Wort wird einer zweiten Position mit einem zweithöchsten a-priori-Zuverlässigkeitswert zugeordnet, usw. Das zuletzt zu übertragende Wort wird einer letzten Position im Sendedatenblock mit einem minimalen a-priori-Zuverlässigkeitswert zugeordnet.

- 10 Im Sendedatenblock sind den zu übertragenden Wörtern des Eingangsdatenstroms ansteigende Positionen mit abfallenden a-priori-Zuverlässigkeitswerten zugeordnet.

Empfangsseitig wird für jedes empfangene Wort des Sendedatenstroms ein a-posteriori-Zuverlässigkeitswert gebildet, der als Parameter für die Fehlerwahrscheinlichkeit des Wortes dient und mit einem vorgegebenen Mindestwert verglichen wird. Beispielsweise erfolgt die Bildung des empfangsseitigen a-posteriori-Zuverlässigkeitswerts mit Hilfe einer Softoutput-Decodierung wie der Trellis-Decodierung. Bei dieser Decodierung werden Soft-Output-Informationen verwendet, um für jedes einzelne Wort eine a-posteriori-Wahrscheinlichkeit zu bestimmen, ob das Wort richtig oder fehlerbehaftet empfangen wurde (z.B. Soft-Output-Viterbi-Algorithmus nach Hagenauer).

25

Unterschreitet der empfangsseitige a-posteriori-Zuverlässigkeitswert eines i-ten Wortes an einer zugeordneten i-ten Position des Sendedatenstrom den Mindestwert, so wird das i-te Wort als fehlerhaft betrachtet und sendeseitig eine erneute Übertragung derjenigen Wörter angefordert und durchgeführt, die einen geringeren a-priori-Zuverlässigkeitswert als das i-te Wort aufweisen und somit im Sendedatenstrom Positionen $POS \geq i$ einnehmen. Die Anforderung erfolgt dabei ef-

fektiv und einfach durch Rückmeldung der entsprechenden i-ten Position des fehlerhaft erkannten Wortes von der Empfangsseite zur Sendeseite.

5 Auf der Sendeseite wird die Rückmeldung der i-ten Position so interpretiert, dass die ersten i-1 Wörter des Sendedatenblocks mit den Positionen 1 bis i-1 fehlerfrei empfangen wurden, wodurch sich deren erneute Übertragung erübrigt. Diejenigen Wörter, die an den Positionen $POS \geq i$ übertragen wurden,
10 sind hingegen als fehlerhaft zu betrachten, werden sendeseitig erneut angefordert und mit Hilfe eines neu gebildeten Sendedatenblocks erneut übertragen. Beim neu gebildeten Sendedatenblock wird der ersten Position nun das i-te Wort des zuvor übertragenen Sendedatenblocks zugewiesen.

15 Abweichend zum hybriden ARQ-Verfahren werden somit beim Auftreten eines Übertragungsfehlers sendeseitig nicht komplette Sendedatenblöcke erneut angefordert und übertragen, sondern es werden lediglich diejenigen Wörter sendeseitig erneut angefordert,
20 die einem empfangsseitig vorgegebenen Mindestwert nicht entsprechen.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird empfangsseitig
25 Speicherkapazität eingespart.

Durch die erfindungsgemäße Lokalisierung von fehlerbehafteten Worten innerhalb eines Datenblocks und durch deren ausschließliche erneute Übertragung wird der effektive Nutzdattendurchsatz erhöht.

30 Durch die Rückmeldung der ersten Position wird nur ein minimaler zusätzlicher Signalisierungsaufwand für einen Rückkanal benötigt.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist bei den unterschiedlichsten (Funk-) Übertragungsverfahren bzw. (Funk-) Kommunikationssystemen anwendbar. Dabei ist es besonders bei Mobilfunksystemen aufgrund der zeitselektiven Funkkanaleigenschaften einsetzbar.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden Datenübertragungsraten stets optimal an die Eigenschaften des Übertragungskanals angepasst.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden die fehlerbehafteten Worte anhand ihres Zuverlässigkeitswertes als zusammenhängende Gruppe im Datenblock zusammengelegt und sind durch die Positionen entsprechend adressierbar bzw. als ganze Gruppe abrufbar.

Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

20

FIG 1 ein Blockschaltbild einer Anordnung für ein Verfahren zur Datenübertragung gemäß dem Stand der Technik,

FIG 2 ein Blockschaltbild einer Anordnung für ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Datenübertragung,

25 FIG 3 die Bildung eines in FIG 2 dargestellten Sendedatenstroms,

FIG 4 eine empfangsseitige Auswertung des in FIG 3 dargestellten Sendedatenstroms, und

30 FIG 5 ein Anwendungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Datenübertragung bei einem sendeseitig verwendeten 16QAM-Modulationsverfahren.

FIG 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Anordnung für ein Verfahren zur Datenübertragung gemäß dem Stand der Technik.

Beim hier dargestellten hybriden ARQ-Verfahren („Automatic-Repeat-Request“, ARQ) gelangen zu Datenblöcken DIN zusammengefasste Eingangsdaten sendeseitig (SS) über einen Sendespeicher SSP, der zur Zwischenspeicherung der Datenblöcke dient, an eine Einrichtung zur ARQ-Steuerung ARQS. Die Datenblöcke DIN werden mit Hilfe einer Codiereinrichtung COD codiert und jeweils mit einer Prüfsumme zur Fehlererkennung, den sogenannten Parity-Check-Bits, versehen. Nachfolgend werden die Datenblöcke mit Hilfe einer Modulationseinrichtung MOD moduliert und über einen zeitvarianten Übertragungskanal CH übertragen.

Empfangsseitig (ES) werden die übertragenen Datenblöcke mit Hilfe einer Demodulationseinrichtung DEMOD demoduliert, mit Hilfe einer Decodiereinrichtung DECOD decodiert und einer Einrichtung zur Fehlererkennung FEK zugeführt. Dort wird für jeden Datenblock die entsprechend zugeordnete Prüfsumme überprüft. Wird ein Fehler im zugeordneten, übertragenen Datenblock festgestellt, so wird der entsprechende Datenblock einerseits mit Hilfe eines Empfangsspeichers ESP zwischengespeichert und andererseits über einen Rückkanal RK sendeseitig erneut angefordert.

Der angeforderte Datenblock wird erneut übertragen und mit dem empfangsseitig zwischengespeicherten Datenblock kombiniert. Dazu wird beispielsweise ein Maximum-Ratio-Combining-Verfahren oder ein Code-Combining-Verfahren verwendet. Am Ergebnis der Combining-Verfahren wird eine Fehlerkorrektur durchgeführt, die in der Decodiereinrichtung DECOD erfolgt. Als fehlerfrei bewertete Datenblöcke gelangen zu ihrer weiteren Verarbeitung an einen Ausgang OUT.

FIG 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Anordnung für ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Datenübertragung bei einem UMTS-Funkkommunikationssystem.

Ein Eingangsdatenstrom IN mit seriell aufeinanderfolgenden Bits bzw. Symbolen wird sendeseitig (SS) in einer Sendesteuereinrichtung HARQ-Tx, die einen High-Speed-Downlink-Packet-Access repräsentiert, in Worte unterteilt. Anschließend werden so viele Worte, wie in einem Sendedatenstrom SDS Platz finden werden, einer Permutationseinrichtung PERM zugeführt.

In der Permutationseinrichtung PERM wird aus den einzelnen Wörtern des Eingangsdatenstroms IN ein zur (Funk-) Übertragung bestimmter Sendedatenblock SDS gebildet. Für jede Position, die ein Wort innerhalb des Sendedatenblocks SDS einnehmen kann, ist ein a-priori-Zuverlässigkeitswert ermittelbar, der von einem sendeseitig verwendeten Codierungs- bzw. Modulationsverfahren abhängig ist. Dieser a-priori-Zuverlässigkeitswert beschreibt eine zu erwartende Fehlerwahrscheinlichkeit bei der Übertragung eines entsprechenden Wortes an der betreffenden Position. Die Zuordnung der einzelnen Wörter zu den einzelnen Positionen innerhalb des Sendedatenblocks erfolgt anhand der a-priori-Zuverlässigkeitswerte der jeweiligen Positionen mit Hilfe der Permutationseinrichtung PERM.

Ein zuerst zu übertragendes Wort wird einer ersten Position mit einem maximalen a-priori-Zuverlässigkeitswert im Sendedatenblock SDS zugeordnet. Ein an zweiter Stelle zu übertragendes Wort wird einer zweiten Position mit einem zweithöchsten a-priori-Zuverlässigkeitswert zugeordnet, usw. Das zuletzt zu

übertragende Wort wird einer letzten Position im Sendedatenblock SDS zugeordnet.

Der Sendedatenblock SDS mit den erfindungsgemäß geordneten
5 Wörtern gelangt beim Funkkommunikationssystem über eine Einrichtung zur Codierung und Modulation COD/MOD an eine Interleaving-Einrichtung INTL zur Durchführung eines Interleaving-Verfahrens. Dabei gebildete Datenblöcke werden über einen
10 zeitvarianten Übertragungskanal CH, der spezifische Funkkanaleigenschaften aufweist, funkübertragen.

Empfangsseitig werden die funkübertragenen Datenblöcke einer
Deinterleaving-Einrichtung DINTL zur Durchführung eines Deinterleaving-Verfahrens zugeführt und mit Hilfe einer Einrichtung
15 zur Demodulation und Decodierung DEMOD/DECOD wiederum demoduliert bzw. decodiert, wodurch der Sendedatenblock empfangsseitig zurück gewonnen wird. Dabei ergeben sich
a-posteriori-Zuverlässigkeitswerte, die als Parameter für die Fehlerwahrscheinlichkeit der empfangsseitig gewonnenen Worte
20 dienen. Beispielsweise erfolgt die Bildung der empfangsseitigen a-posteriori-Zuverlässigkeitswerte mit Hilfe einer Trellis-Decodierung oder mit Hilfe einer anderen Softoutput-Decodierung.

25 Mit Hilfe einer inversen Permutationseinrichtung IPERM werden die empfangenen Wörter derart umgeordnet, dass ihre Reihenfolge der des ursprünglichen Eingangsdatenstroms IN entspricht.

30 Anschließend wird der für jedes empfangene Wort gebildete a-posteriori-Zuverlässigkeitswert mit einem vorgegebenen Mindestwert verglichen.

Ein i-tes Wort wird als fehlerhaft erachtet, wenn dessen a-posteriori-Zuverlässigkeitswert den Mindestwert unterschreitet. Über eine Empfangssteuereinrichtung HARQ-Rx wird die dem i-ten Wort zugeordnete i-te Position mit Hilfe eines Rückkanals ACK/NAK-RK an die Sendeseite SS gemeldet. Sende-
5 seitig wird ein neuer Sendedatenblock gebildet, dessen erster Position nun das i-te Wort zugeordnet wird, das empfangsseitig als fehlerhaft erachtet wurde. Weitere Positionen des neu gebildeten Sendedatenblocks werden mit den ebenfalls als
10 „fehlerhaft übertragen“ betrachteten Wörtern $i+1$ und folgende des zuvor übertragenen Sendedatenblocks entsprechend belegt.

Die erfolgende Zuordnung von Wörtern zu Positionen anhand der Zuverlässigkeitswerte sind sowohl sende- als auch empfangs-
15 seitig bekannt.

FIG 3 zeigt eine Bildung eines in FIG 2 dargestellten Sendedatenblocks SDS aus einem Eingangsdatenstrom IN.

Der Eingangsdatenstrom IN weist insgesamt n Wörter DW1 bis
20 DWn auf.

Zur Bildung des Sendedatenblocks SDS werden die einzelnen Wörter DW1 bis DWn des Eingangsdatenstroms IN anhand von a-priori-Zuverlässigkeitswerten Positionen POS des Sendedatenblocks SDS zugeordnet.
25

Für jede Position POS, die ein Wort innerhalb des Sendedatenblocks SDS einnehmen kann, ist der a-priori-Zuverlässigkeitswert ZUV1 bis ZUVn ermittelbar, der von einem sendeseitig verwendeten Codierungs- bzw. Modulationsverfahren abhängig ist.
30

Ein i-tes Wort DWi des Eingangsdatenstroms IN wird einer ersten Position POS1 des Sendedatenblocks SDS mit einem maxima-

len Zuverlässigkeitswert ZUV1 zugeordnet und bildet ein erstes Wort W1 des Sendedatenblocks SDS. Ein n-tes Wort DWn wird einer n-ten Position POSn des Sendedatenblocks SDS mit einem minimalen Zuverlässigkeitswert ZUVn zugeordnet und bildet ein
5 n-tes Wort Wn des Sendedatenblocks SDS, usw.

Bei einer Übertragung des Sendedatenblocks SDS wird zuerst das erste Wort W1 an der Position POS1 übertragen. Es ergibt sich somit ein zu übertragender Sendedatenblock SDS, dessen
10 aufsteigenden Positionen POS1 bis POSn mit abfallenden Zuverlässigkeitswerten ZUV1 bis ZUVn jeweils Wörter W1 bis Wn zugeordnet sind.

Zur weiteren Verbesserung bei der Übertragung können Prüfsummen und empfangsseitige Kombinationsverfahren zusätzlich verwendet werden. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird dabei stets eine Fehlerlokalisierung innerhalb eines Sendedatenblocks ermöglicht, während gleichzeitig ein maximaler Nutzdatenanteil ermöglicht wird.

20

FIG 4 zeigt eine empfangsseitige Auswertung des in FIG 3 dargestellten Sendedatenblocks SDS.

Empfangsseitig wird für jedes einzelne Wort W1 bis Wn des
25 Sendedatenblocks einer ersten Übertragung ÜB1 ein a-posteriori-Zuverlässigkeitswert ZV11 bis ZV1n bestimmt, der als jeweiliger Parameter für die Fehlerwahrscheinlichkeit des Wortes W1 bis Wn dient.

30 Für das erste Wort W1 an der ersten Position POS1 wird ein maximaler a-posteriori-Zuverlässigkeitswert ZV11 bestimmt, während für das n-te Wort Wn an der n-ten Position POSn ein minimaler Zuverlässigkeitswert ZV1n bestimmt wird.

Abweichend zum hier dargestellten Beispiel sind die
a-posteriori-Zuverlässigkeitswerte nicht zwingend monoton
fallend, da sie von zufälligen Störungen im Funkkanal abhän-
5 gig sind.

Ein i-tes Wort W_i an einer i-ten Position POS_i weist einen
Zuverlässigkeitswert ZV_{li} auf, der einen vorgegebenen Min-
destwert ZUV_{min} erstmalig unterschreitet. Das i-te Wort W_i
10 wird als fehlerhaft betrachtet und die Position POS_i an die
Sendeseite SS zurückgemeldet.

Es wird für eine neue Übertragung $ÜB_2$ ein neuer Sendedaten-
block SDSN gebildet, dessen erster Position POS_1 das Wort W_i
15 der ersten Übertragung $ÜB_1$ zugeordnet wird. Geordnet nach dem
beschriebenen Verfahren schließen sich die Wörter W_{i+1} bis W_n
an entsprechend anschließenden Positionen POS_2 usw. an. Freie
Positionen POS_F des neu gebildeten Sendedatenblocks SDSN wer-
den mit neuen Wörtern des Eingangsdatenstroms IN aufgefüllt.

20

Somit werden sendeseitig alle Wörter W_i bis W_n , die bei der
ersten Übertragung $ÜB_1$ die Positionen POS_i bis POS_n belegten,
nach Anforderung erneut übertragen.

25 Wird bei der ersten Übertragung $ÜB_1$ bei einem empfangsseiti-
gen i-ten Wort W_i davon ausgegangen, dass dessen Fehlerwahr-
scheinlichkeit zu groß war, so wäre die Fehlerwahrscheinlich-
keit bei weiteren übertragenen Worten W_{i+1} bis W_n noch größer
und damit eine erneute Übertragung $ÜB_2$ der Worte W_i bis W_n
30 sinnvoll.

Die Wörter W1 bis Wn der ersten Übertragung ÜB1 und die Wörter Wi bis Wn der zweiten Übertragung ÜB2 werden einer Fehlerkorrektur zugeführt.

- 5 Indem das i-te Wort Wi der ersten Übertragung ÜB1 bei der zweiten Übertragung ÜB2 nun an erster Stelle des Sendedatenblocks SDSN steht, wird durch das erfindungsgemäße Verfahren ein Incremental-Redundancy-Combining realisiert, da systembe-
10 SDSN enthaltenen Wörter geändert wird. Eine zusätzliche Redundanz bei der Übertragung wird dadurch mit einfachen Mitteln realisiert.

- FIG 5 zeigt ein Anwendungsbeispiel des erfindungsgemäßen Ver-
15 fahrens zur Datenübertragung bei einem sendeseitig verwendeten 16QAM-Modulationsverfahren.

- Beim hier dargestellten und für die Funkübertragung gewählten 16QAM-Modulationsverfahren werden den 16 möglichen Punkten X,
20 adressierbar durch je 4 Bits, jeweils Amplitudenwerte AP11 bis AP44 zugeordnet.

- Dabei werden die Bits a1 bis a4 der Amplitudenwerte AP11 bis AP14 eines ersten Quadranten Q1 derart gewählt, dass deren
25 erstes Bit a1=0 und deren drittes Bit a3=0 ist. Somit ergibt sich für vier mögliche Amplitudenwerte AP11 bis AP14 des ersten Quadranten Q1: 0x0x.

Entsprechend gilt:

- für die vier Amplitudenwerte AP21 bis AP24 des zweiten
30 Quadranten Q2: 0x1x ,
- für die vier Amplitudenwerte AP31 bis AP34 des dritten Quadranten Q3: 1x0x , und

- für die vier Amplitudenwerte AP41 bis AP44 des vierten Quadranten Q4: 1x1x .

Störungen der Amplitudenwerte AP11 bis AP14 des ersten Quadranten Q1, die beispielsweise zu fehlerhaft empfangenen Amplitudenwerten AP21 bis AP24 des zweiten Quadranten Q2 führen würden, sind aufgrund ihrer Größe unwahrscheinlich, weshalb die jeweiligen ersten und dritten Bits a1 und a3 eines betrachteten Amplitudenwerts als sicherer angesehen werden können als die zweiten und vierten Bits a2 und a4 desselben Amplitudenwerts.

Betrachtet man jedes einzelne Bit als ein Wort, so weisen die ersten und dritten Wörter einer Folge von Amplitudenwerten einen hohen Zuverlässigkeitswert auf.

Im folgenden soll dies an einem Beispiel verdeutlicht werden. Eine Eingangsdatenfolge IN bestehe aus 8 Bit bzw. Wörtern wie folgt:

IN = (s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7, s8)
= (1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0)

Sendeseitig wird anhand der Zuverlässigkeitswerte folgende Zuordnung zwischen Wörtern (Bits) und Positionen des Sendedatenstroms SDS getroffen:

m-tes Bit im Eingangsdatenstrom IN	Position in SDS
1	PS11
2	PS21
3	PS13
4	PS23
5	PS12
6	PS22
7	PS14
8	PS24

5

Mit $SS1 = (PS11, PS12, PS13, PS14) = (s1, s5, s3, s7)$ und
mit $SS2 = (PS21, PS22, PS23, PS24) = (s2, s6, s4, s8)$

ergibt sich ein Sendedatenblock SDS mit entsprechend den Positionen zugeordneten Bits zu:

10

$$SDS = (SS1, SS2) = (1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0) ,$$

mit $SS1 = (1, 0, 1, 0)$ und $SS2 = (1, 0, 1, 0)$.

15

Über den Sendedatenblock SDS wird eine Prüfsumme PSS (Parity-Check) gemäß folgender Vorschrift gebildet:

$$PSS = (PS11 \oplus PS21, PS12 \oplus PS22, PS13 \oplus PS23, PS14 \oplus PS24)$$

20 $PSS = (0, 0, 0, 0)$

mit \oplus als binärer Addition der Bits an den entsprechenden Positionen PS.

Die Prüfsumme PSS wird dem Sendedatenblock SDS vorangestellt
5 und übertragen, es ergibt sich dann:

$$\begin{aligned} \text{SDS}(\text{Tx}) &= (\text{PSS}, \text{SS1}, \text{SS2}) \\ &= (0, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0). \end{aligned}$$

10 In Amplitudenwerten ausgedrückt gilt für den übertragenen Sendedatenblock SDS(Tx):

$$\text{SDS}(\text{Tx}) = (\text{AP11}, \text{AP44}, \text{AP44})$$

15 Im Folgenden wird angenommen, dass empfangsseitig ein Sendedatenblock SDSE empfangen wurde:

$$\text{SDSE} = (\text{PSE}, \text{RE1}, \text{RE2}) \text{ mit:}$$

$$\begin{aligned} 20 \quad \text{PSE} &= \text{AP11} = &= (0, 0, 0, 0) \\ \text{RE1} &= \text{AP44} = (\text{PR11}, \text{PR12}, \text{PR13}, \text{PR14}) &= (1, 0, 1, 0) \\ \text{RE2} &= \text{AP43} = (\text{PR21}, \text{PR22}, \text{PR23}, \text{PR24}) &= (1, 0, 1, \underline{1}) \end{aligned}$$

Darin sei das Bit bzw. Wort PR24 fehlerhaft.

25

Empfangsseitig wird nun ebenfalls eine Prüfsumme PSC gemäß folgender Vorschrift gebildet:

$$\text{PSC} = (\text{PR11} \oplus \text{PR21}, \text{PR12} \oplus \text{PR22}, \text{PR13} \oplus \text{PR23}, \text{PR14} \oplus \text{PR24}) = (0, 0, 0, \underline{1})$$

30

Der Prüfsummenvergleich $\text{PSE} \neq \text{PSC}$ zeigt einen Fehler innerhalb des empfangenen Sendedatenblocks SDSE auf, jedoch lässt

sich nicht entscheiden, ob das Bit an der Position PR14 oder an der Position PR24 fehlerhaft ist.

Zu betrachten bleibt nun die Bitfolge (RE1, RE2).

- 5 Anhand folgender Zuordnungstabelle werden nun Positionen von unzuverlässigen Bits festgestellt, indem die sendeseitig vorgenommene Zuordnung rückgängig gemacht wird:

Position in der Bitfolge (RE1, RE2)	i-te Position in einer neu gebildeten Bitfolge ERG
PR11	1
PR21	2
PR13	3
PR23	4
PR12	5
PR22	6
PR14	7
PR24	8

10

Es ergibt sich nach der rückgängig gemachten Zuordnung eine neu gebildete Bitfolge ERG:

ERG = (1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 1) = (r1, r2, r3, r4, r5, r6, r7, r8)

15

Unter der Annahme, dass aufgrund des beim Prüfsummenvergleich detektierten Fehlers die a-posteriori-Zuverlässigkeitswerte der Positionen PR14 und PR24 den Mindestwert unterschreiten, werden die entsprechend zugeordneten und als fehlerhaft be-

trachteten Wörter r7 und r8 der Bitfolge ERG von der Sendeseite erneut angefordert.

Die siebte Position wird mit i=7 Position an die Sendeseite
5 übertragen. Somit wurden die sendeseitigen Wörter s1 bis s6 fehlerfrei übertragen und die Wörter s7 und s8 werden erneut angefordert.

10

15

Patentansprüche

1. Verfahren zur Datenübertragung,

- bei dem ein sendeseitiger Eingangsdatenstrom (IN) in
5 einzelne Wörter unterteilt wird,

- bei dem anhand von sendeseitigen Modulationsverfahren
und Codierungsverfahren a-priori-Zuverlässigkeitswerte
(ZUV1,...,ZUVn) für Positionen (POS) eines Sendedaten-
blocks (SDS) ermittelt werden,

10 - bei dem die Wörter des Eingangsdatenstroms (IN) in Ab-
hängigkeit der a-priori-Zuverlässigkeitswerte
(ZUV1,...,ZUVn) entsprechenden Positionen (POS) des Sen-
dedatenblocks (SDS) zugeordnet und übertragen werden,

- bei dem empfangsseitig für jedes Wort des Sendedaten-
15 blocks (SDS) ein a-posteriori-Zuverlässigkeitswert
(ZV11,...,ZV1n) gebildet wird, und

- bei dem diejenigen Wörter mit einem einen Mindestwert
(ZUVmin) unterschreitenden a-posteriori-
20 Zuverlässigkeitswert (ZV11,...,ZV1n) sendeseitig erneut
angefordert und übertragen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

- bei dem ein Wort (DWi) des Eingangsdatenstroms (IN), das
einer ersten Position (POS1) des Sendedatenblocks (SDS)
25 mit einem maximalen a-priori-Zuverlässigkeitswert (ZUV1)
zugeordnet ist, zuerst übertragen wird, und

- bei dem ein Wort (DWn) des Eingangsdatenstroms (IN), das
einer n-ten Position (POSn) des Sendedatenblocks (SDS)
mit einem minimalen a-priori-Zuverlässigkeitswert (ZUVn)
30 zugeordnet ist, zuletzt übertragen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

- bei dem empfangsseitig im Sendedatenblock (SDS) ein i -tes Wort (W_i) an einer i -ten Position (POS_i) ermittelt wird, dessen a-posteriori-Zuverlässigkeitswert (ZV_{li}) den Mindestwert (ZUV_{min}) erstmalig unterschreitet, und
- bei dem die i -te Position (POS_i) des i -ten Worts an die Sendeseite übermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

- bei dem sendeseitig ein neuer Sendedatenblock (SDSN) für eine erneute Übertragung ($\bar{U}B_2$) gebildet wird, dessen erste Position (POS_1) dem i -ten Wort (W_i) der vorhergehenden Übertragung ($\bar{U}B_1$) zugeordnet wird,
- bei dem beim neuen Sendedatenblock (SDSN) der ersten Position (POS_1) nachfolgende Positionen (POS_2, \dots, POS_n) mit denjenigen Wörtern (W_{i+1}, \dots, W_n) der vorhergehenden Übertragung ($\bar{U}B_1$) entsprechend belegt werden, die bei der vorhergehenden Übertragung ($\bar{U}B_1$) Positionen (POS_{i+1}, \dots, POS_n) belegten, die größer als die i -te Position (POS_i) waren.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, bei dem die i -te Position mit Hilfe eines Rückübertragungskanal von der Empfangsseite zur Sendeseite übermittelt wird.6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem fehlerhaft erachtete Wörter (W_i, \dots, W_n) einer ersten Übertragung ($\bar{U}B_1$) empfangsseitig abgespeichert und mit den erneut übertragenen Wörtern (W_i, \dots, W_n) einer zweiten Übertragung ($\bar{U}B_2$) mit Hilfe eines Maximum-Ratio-Combining-Verfahrens oder eines Code-Combining-Verfahrens kombiniert werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die empfangsseitigen a-posteriori-Zuverlässigkeitswerte (ZV_{11}, \dots, ZV_{1n}) mit Hilfe einer Softoutput-Decodierung ermittelt werden.

5

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die empfangsseitigen a-posteriori-Zuverlässigkeitswerte (ZV_{11}, \dots, ZV_{1n}) mit Hilfe einer Trellis-Decodierung ermittelt werden.

10

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Sendedatenblock (SDS) mit Hilfe eines PSK- oder eines 16QAM- oder eines höherstufigen Modulationsverfahrens moduliert übertragen wird.

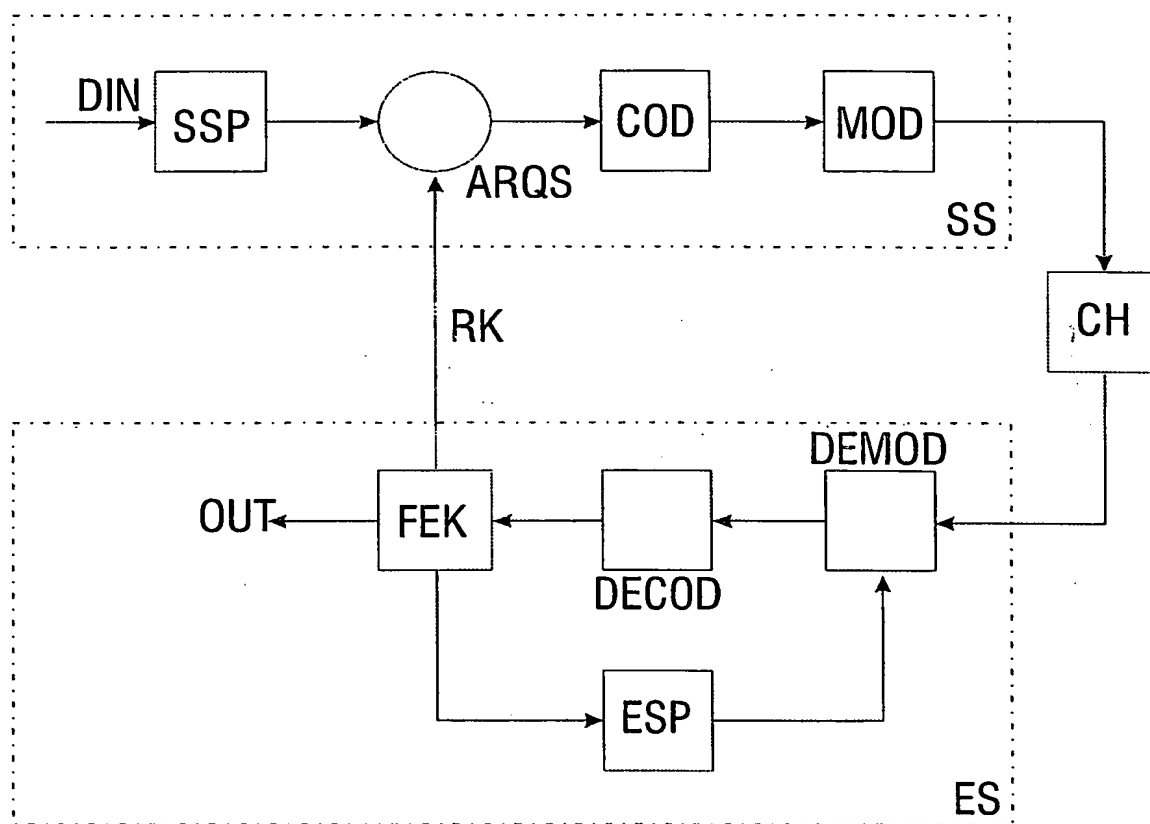
15

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem dem Sendedatenblock (SDS) eine Prüfsumme oder ein CRC-Datenblock zur Fehlererkennung vorangestellt wird.

20

1/5

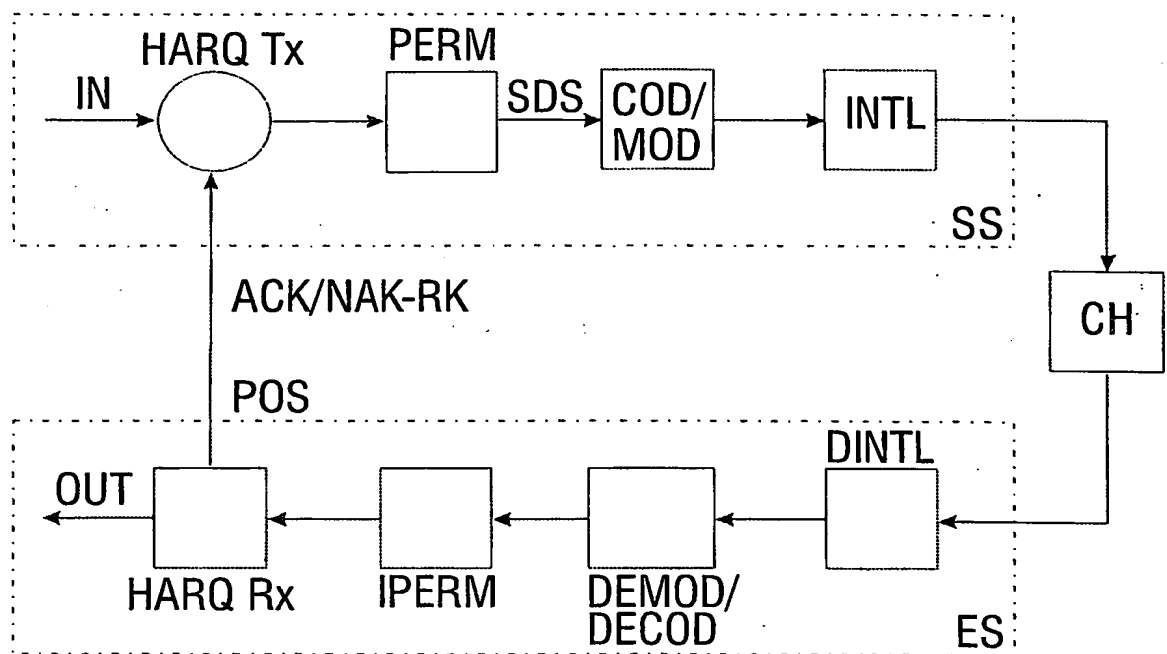
FIG 1



THIS PAGE BLANK (USPTO)

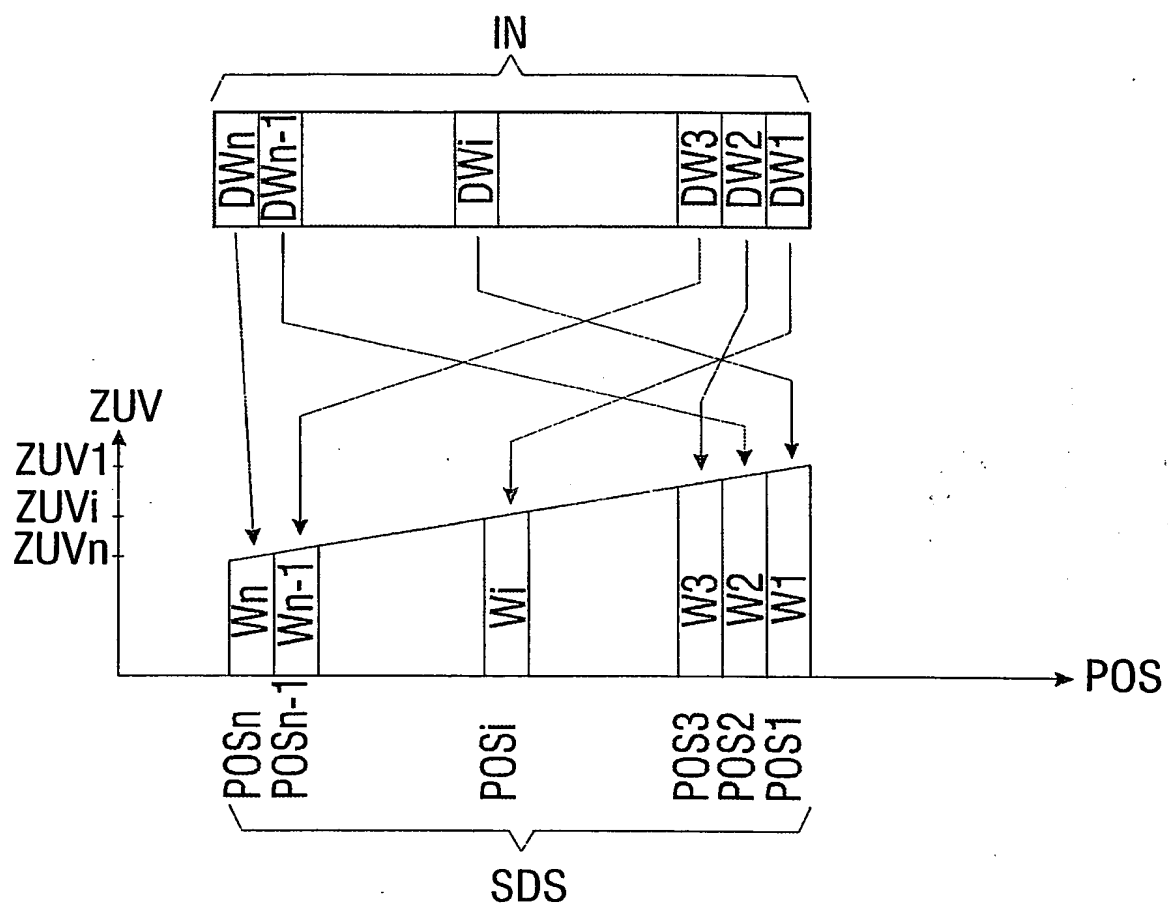
2/5

FIG 2



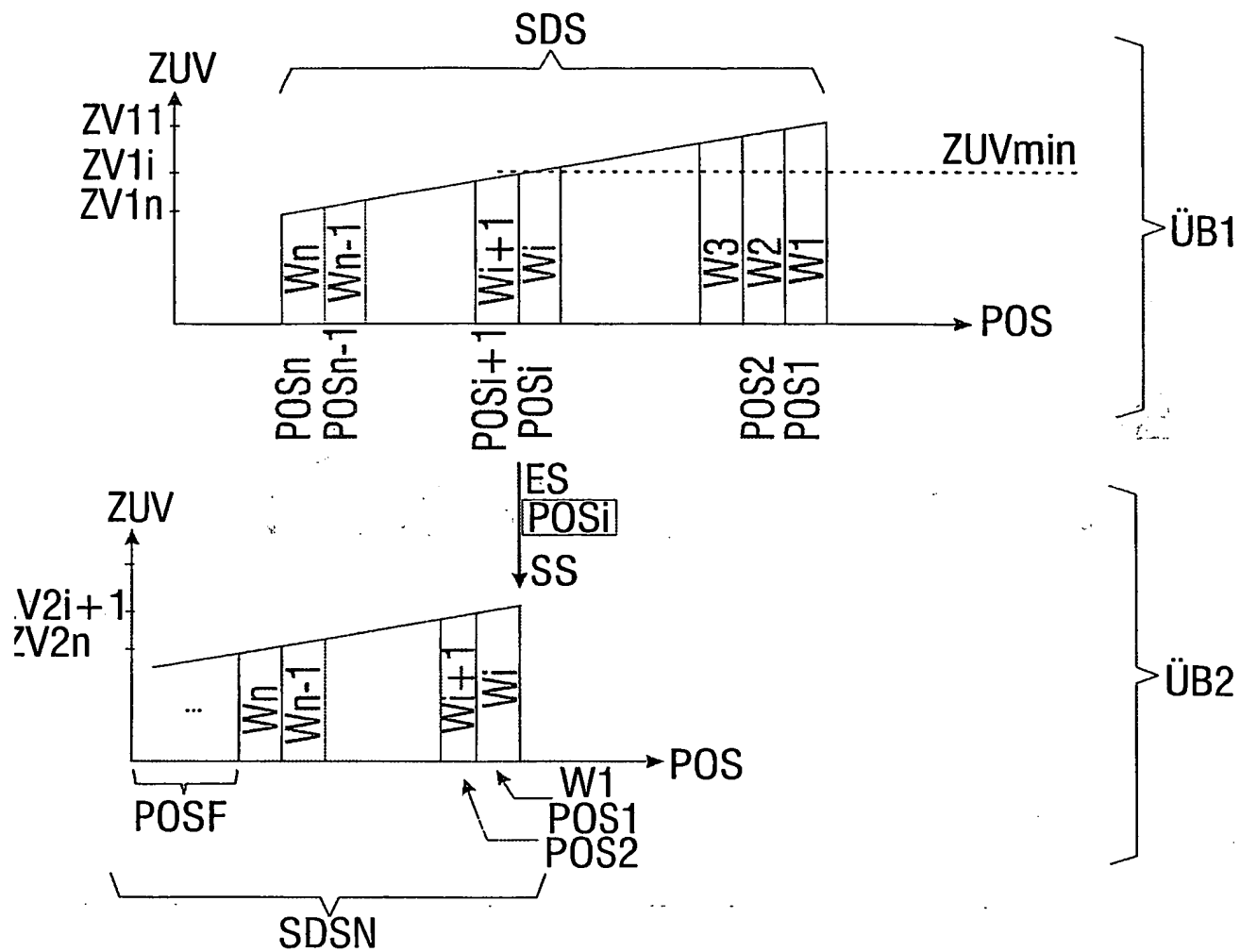
THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG 4



THIS PAGE BLANK (USPTO)

5/5

FIG 5

Q1		Q3	
x 0000 AP11	x 0100 AP13	x 1100 AP31	x 1000 AP33
x 0001 AP12	x 0101 AP14	x 1101 AP32	x 1001 AP34
x 0011 AP21	x 0111 AP23	x 1111 AP41	x 1011 AP43
x 0010 AP22	x 0110 AP24	x 1110 AP42	x 1010 AP44
Q2		Q4	

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL RESEARCH REPORT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07519

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H04L1/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 208 663 B1 (SCHRAMM PETER ET AL) 27. März 2001 (2001-03-27) Spalte 6, Zeile 22 - Zeile 32 Spalte 7, Zeile 1 - Zeile 13 Spalte 7, Zeile 29 - Zeile 38 Spalte 8, Zeile 3 - Zeile 33 Spalte 8, Zeile 38 - Zeile 42; Abbildungen 4-6	1
A	US 6 247 150 B1 (NIEMELA KARI) 12. Juni 2001 (2001-06-12) Spalte 4, Zeile 22 - Zeile 31 Spalte 4, Zeile 42 - Zeile 53 Spalte 5, Zeile 57 - Zeile 66 Spalte 6, Zeile 51 - Zeile 62 Spalte 7, Zeile 7 - Zeile 20	1

-/-

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. November 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/11/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Papantoniou, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07519

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>US 5 793 983 A (HOLT II ROBERT EDWARD ET AL) 11. August 1998 (1998-08-11) Spalte 12, Zeile 24 - Spalte 13, Zeile 8; Anspruch 1; Abbildung 9</p> <p>-----</p>	1

INTERNATIONALES RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/07519

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6208663	B1	27-03-2001	AU 751651 B2 22-08-2002
		AU 9012198 A 22-03-1999	
		BR 9811429 A 22-08-2000	
		CA 2301945 A1 11-03-1999	
		CN 1277766 T 20-12-2000	
		EP 1010287 A1 21-06-2000	
		WO 9912303 A1 11-03-1999	
		TW 390076 B 11-05-2000	
US 6247150	B1	12-06-2001	FI 981544 A 04-01-2000
		AU 732801 B2 03-05-2001	
		AU 4912299 A 24-01-2000	
		CN 1273725 T 15-11-2000	
		EP 0993713 A1 19-04-2000	
		WO 0002341 A1 13-01-2000	
		JP 2002520904 T 09-07-2002	
		NO 20001076 A 02-03-2000	
US 5793983	A	11-08-1998	JP 9204373 A 05-08-1997

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 03/07519

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04L1/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 208 663 B1 (SCHRAMM PETER ET AL) 27 March 2001 (2001-03-27) column 6, line 22 - line 32 column 7, line 1 - line 13 column 7, line 29 - line 38 column 8, line 3 - line 33 column 8, line 38 - line 42; figures 4-6	1
A	US 6 247 150 B1 (NIEMELA KARI) 12 June 2001 (2001-06-12) column 4, line 22 - line 31 column 4, line 42 - line 53 column 5, line 57 - line 66 column 6, line 51 - line 62 column 7, line 7 - line 20	1
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the International filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 November 2003

Date of mailing of the international search report

17/11/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Papantoniou, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 03/07519

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 793 983 A (HOLT II ROBERT EDWARD ET AL) 11 August 1998 (1998-08-11) column 12, line 24 -column 13, line 8; claim 1; figure 9 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/07519

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6208663	B1	27-03-2001	AU 751651 B2	22-08-2002
			AU 9012198 A	22-03-1999
			BR 9811429 A	22-08-2000
			CA 2301945 A1	11-03-1999
			CN 1277766 T	20-12-2000
			EP 1010287 A1	21-06-2000
			WO 9912303 A1	11-03-1999
			TW 390076 B	11-05-2000
US 6247150	B1	12-06-2001	FI 981544 A	04-01-2000
			AU 732801 B2	03-05-2001
			AU 4912299 A	24-01-2000
			CN 1273725 T	15-11-2000
			EP 0993713 A1	19-04-2000
			WO 0002341 A1	13-01-2000
			JP 2002520904 T	09-07-2002
			NO 20001076 A	02-03-2000
US 5793983	A	11-08-1998	JP 9204373 A	05-08-1997

THIS PAGE BLANK (USPTO)